

寄稿論文

主観的強度を用いた最大下努力における 筋力トレーニングの効果

小野寺孝一、三辺忠雄、小川耕平、山崎先也

1. 概 要

筋力トレーニングは競技者のパフォーマンスを高めるためのみならず、高齢者のQOLの向上、介護予防、一般人の健康の維持増進の観点からも重要であり、必要性が認識されている。特に近年では本格的な高齢化社会を迎え、高齢者の下肢関連筋群の特異的低下から、転倒による障害や寝たきり症状が発生し社会問題にもなっている。筋力低下による様々な障害についてその対策の必要性が求められ、実践も行われているが、具体的かつ科学的根拠のある運動処方はいまだ確立しているとは言えない。この理由のひとつとして、現在確立した方法として用いられているRM(Repetition Maximum)の処方は、負荷の最終局面で最大負荷を課すために高齢者や一般人の健康づくりのトレーニングとしては障害の危険性もあり現実的でないことが考えられる。また、健康づくりのため日常行われている筋力トレーニングは自重を利用したり、身近な物品を負荷として用いることが多く、そのために筋にかかる負荷強度を特定できず効果の判定も不明確であることが、処方の科学的根拠を示せない理由であると考えられる。

本研究では筋力トレーニングの強度指標として主観的強度を用い、最大下努力における筋力トレーニングの有効性と効果について検討した。

2. 方 法

被験者：運動部に所属していない男子大学生 21 名を被験者とした。負荷強度別に、第1グループ(G6, n=6, Age:20.7±2.4 yrs. Height :169.8±4.4 cm. Weight :62.0±6.6kg)、第2グループ(G8, n=7, Age:21.4±1.9 yrs. Height :169.9±3.7 cm. Weight:61.4±6.4kg)、第3グループ(G10, n=7, Age:20.8±2.6 yrs. Height :172.4±4.4 cm. Weight :61.0±8.4kg)の3グループを構成した。

トレーニング方法：主観的強度指標として0(努力なし)から10(最大努力)までの整数によるスケールを用いた(表1)。この指標に従い、主観的強度6(第1グループ)、主観的強度8(第2グループ)、主観的強度10(最大努力、第3グループ)の3グループを構成し、それぞれの主観的強度を一定にして、30回の等速性下肢伸展を、角速度60度/秒で1週間に3日、10週間のトレーニングを行った(写真1)。トレーニング及び効果判定のための装置として、ミナト医科学KK社製COMBIT、CB-2を用いた。また、筋出力はユニメック社製WAS-IIを用い、連続記録した。

トレーニングの効果判定：トレーニングによる発揮筋力の改善を評価するため、トレーニング前後において最大努力で 30 回の等速性下肢伸展を角速度 60 度/秒で行い、発揮筋力 (Nm) を測定した。トレーニング効果の判定は、ペアの t 検定を用い、5 %を有意基準とした。

3. 結 果

トレーニング前後における最大発揮筋力(1 - 5 回中、最良値 3 回の平均)の比較を Fig.3 に示した。各グループのトレーニング前後における実測値は、第 1 グループ (G6) の左脚で $132.2 \pm 15.0 \text{ Nm}$ - $155.3 \pm 20.5 \text{ Nm}$, $p < 0.01$, 第 2 グループ (G8) で $112.4 \pm 28.0 \text{ Nm}$ - $140.3 \pm 36.4 \text{ Nm}$, $p < 0.01$, 第 3 グループ (G10) で $116.3 \pm 28.4 \text{ Nm}$ - $145.7 \pm 21.3 \text{ Nm}$, $P < 0.01$, 第 1 グループの右脚で $123.4 \pm 22.5 \text{ Nm}$ - $141.7 \pm 24.2 \text{ Nm}$, $p < 0.01$, 第 2 グループで $109.5 \pm 24.4 \text{ Nm}$ - $149.8 \pm 36.3 \text{ Nm}$, $p < 0.01$, 第 3 グループで $123.9 \pm 39.5 \text{ Nm}$ - $172.1 \pm 35.7 \text{ Nm}$, $P < 0.01$ であった。いずれのグループの左脚、右脚両方で有意な脚伸展出力の増大が認められた ($p < 0.01$)。

トレーニング後のトレーニング前に対する改善率を Fig.4 に示した。第 1 グループの左脚では $17.4 \pm 12.5\%$ 、右脚で $14.8 \pm 23.7\%$ 、第 2 グループではそれぞれ $25.0 \pm 15.5\%$ および $36.8 \pm 19.5\%$ 、第 3 グループでは、それぞれ $25.3 \pm 24.6\%$ および $38.9 \pm 47.0\%$ であり、負荷強度の高いグループで改善率が高くなる傾向にあったが、グループ間の改善率には統計的有意差は認められなかった。

4. 考 察

運動時における主観的強度と客観的（生理的）強度についての研究は、Borg らによって 1960 年代後半より取り組まれた^{1) 2)}。わが国では小野寺、宮下によって全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性が 1975 年に日本人を対象に行われた³⁾。刺激と感覚との関係にはウェーバー・フェヒナーの法則や Stevens のべき関数の法則⁴⁾等が成立することが知られており、刺激と感覚の間には直線関係は成り立たない。Borg や小野寺らは全身持久性運動において、category ratio scale を用いて、両者の関係に直線的関係が成り立つ方法を考案し、さらに主観的強度と客観的強度が直線的に対応する関係を用い、主観的強度を運動処方における客観的強度に代わる強度指標として確立した。

現在、筋力トレーニングにおいては RM が強度と反復回数の指標として用いられており、この方法は反復の終盤に最大努力を課し、その結果筋の改善を得ている。しかし、リハビリや介護予防、健康増進のための運動での筋力トレーニングにおいては、最大努力を課すことの危険性のため、現実には最大下努力で筋力トレーニングを行っており、その強度を特定することができないことから、この分野での筋力トレーニングの処方が確立しがたい状況にあると考えられる。

本研究ではトレーニングの効果判定に先立ち、発揮筋力と主観的強度の関係について検討した。本研究で用いた主観的強度を規定するスケールは、表 1 に示すように整数を並べたマグニチュードスケール (method of magnitude estimation) を用いており、Stevens が報告している結果⁵⁾と同様、図 1 に示すように主観的強度によって発揮された筋力は、主観的強度に対し指数関数的関係にあることが示された。トレーニングにおける脚伸展の初期段階においては、主観的強度によって発揮される筋力

は、主観的強度 6（最大努力に対し 60%に相当する努力感）で最大発揮筋力に対する相対値として約 35%であり、主観的強度 8 では 50%前後となっている。この結果は、主観的強度を用い、筋力トレーニングの強度を設定する場合、設定予想値より実質的に発揮される筋力の度合いが低いことに考慮しなければならないことを示唆している。

主観的強度を一定にして 30 回の脚伸展を繰り返した場合、経時的に相対的負荷強度は上昇し、反復終盤には主観的強度に対して実質的に発揮された相対的強度は近似する結果となった(図 2)。この研究に先行して行った研究においては、主観的強度を一定にして脚伸展を反復した場合、経時的に発揮筋力は低下するが、相対的強度には変化が見られなかった^{6) 7)}。この相反する結果は、先行研究の被験者は競技経験のある鍛錬者であり、本実験の被験者は運動習慣のない非鍛錬者であることが影響していると思われるが更なる検討が必要であると考ええる。

最大下の負荷強度におけるトレーニングの効果は、図 3 及び図 4 に示すようにいずれのグループにおいても、両脚で有意な改善効果が認められた ($p<0.01$)。実質的負荷強度は、主観的強度 6 のグループで最大努力に対し 36%–65%、主観的強度 8 グループで 52%–80%の範囲で変動していると推察されるが、このレベルの強度でも 30 回の脚伸展、週 3 日の頻度、10 週間の期間で筋力の改善が認められ、各グループ間でその改善の度合いに統計的有意差はないが、負荷強度が高くなるに伴い、改善効果が大きくなる傾向を示した。

これらの結果より、主観的強度が筋力トレーニングにおける最大下負荷強度設定の有効な手段になり得る可能性があること、および最大下負荷においても非鍛錬者においては筋力の改善効果が得られることが示唆された。

5. 結 論

筋力トレーニングの強度指標として主観的強度を用い、最大下努力における筋力トレーニングの有効性と効果について検討した結果、

- 1) 主観的強度を筋力トレーニングの強度設定の手段として用いることの可能性があること。
- 2) 最大下負荷強度においても、30 回の等速性伸展、週 3 日の頻度、10 週間という条件でトレーニング効果が認められた。

註 本研究は、平成 21 年度科学研究費、基盤研究 C 21500580、「主観的強度を用いた最大下努力における筋力トレーニングの効果」を得て行われた。

参考文献

- 1) Borg, G. and H. Linderholm : Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups. Acta Med. Scand., 472, 194-206, 1967
- 2) Borg, G.: Perceived exertion: a note on “history” and method. Med. Sci. Sports. 5, (2), 90-93, 1973
- 3) 小野寺孝一、宮下充正：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性、体育学研

究、第 21 卷、4 号、191-203、昭和 51 年

- 4) 真島英信: 生理学第 17 版、文光堂、p195-197、昭和 54 年
- 5) Stevens, S. S.: On the psychophysical law. Psychological Review, 64, 153-181, 1957
- 6) Hidenori Yamada, et al.: RPE, subjective effort, I-EMG during isokinetic contraction of knee Extension, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 37, No.5, S320, Suppl.
- 7) Koichi Onodera, et al.: RPE and I-EMG during 45-s isometric contraction of knee Extension, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 37, No.5, S320, Suppl.

小野寺孝一

富山大学医学部保健体育

三辺忠雄

富山福祉短期大学幼児教育学科

小川耕平

富山県健康スポーツ財団富山県国際健康プラザ

山崎先也

富山大学薬学部保健福祉学



写真 1. トレーニングの様子

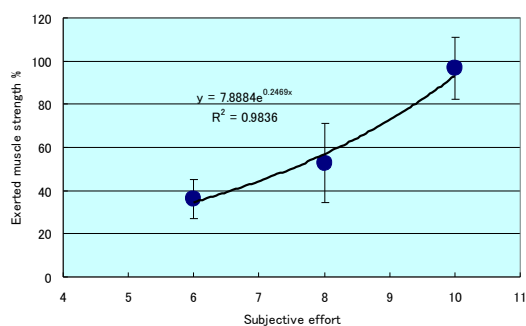


Fig. 1 Relationship between subjective effort and exerted muscle strength %.

Data are means and SD of exerted muscle strength % to muscle strength with maximal effort of after training (mean of 1st to 5th repetition).

図 1. 主観的強度と発揮された筋力の関係：左脚における 1 - 5 伸展の平均発揮筋力

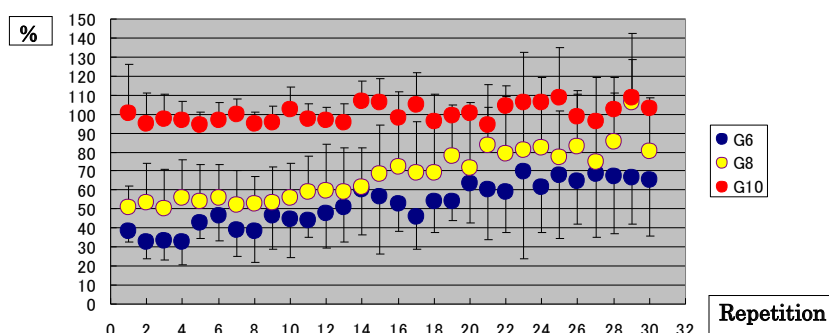


Fig.2. Exerted muscle strength % of 6th week in training period to muscle strength with maximal effort of after training at each point (left leg extension). Data are means and SD.

図 2. 30 回の脚伸展時に発揮された筋力の経時的変化。グループごとの平均と標準偏差で示した。

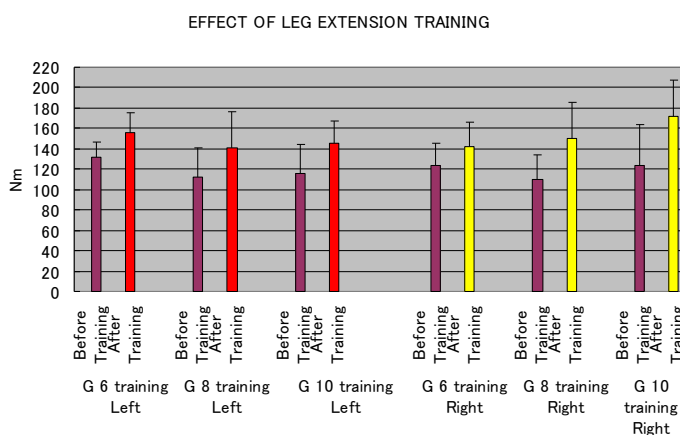


Fig.3 Maximal leg extension strength before and after training in all groups.

There were significant differences in all groups between before and after training in maximal extension strength of left and right leg ($p < 0.01$).

図 3. 主観的強度を用いた脚伸展トレーニングの効果：グループごとの左右の脚伸展力をトレーニング前後で示した。

主観的強度を用いた最大下努力における筋力トレーニングの効果

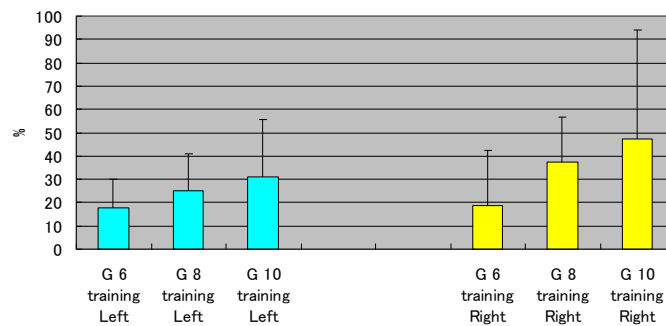


Fig.4 Percent change in maximal extension strength after 10 weeks training
There were no significant differences among the three groups in both legs.

図 4. 主観的強度を用いた筋力トレーニングにおける改善率（トレーニング前に対する改善率）

**Scale for rating of subjective effort and rating of
perceived exertion**

10	Maximal effort or maximal exertion	(最大努力)
9		
8		
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		
0	Absolutely no feeling	(努力なし)

表 1. 主観的強度の評価スケール